



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

SIDNEY LUCAS MONTEIRO DE ARAUJO

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE COMPOSTA POR POLPA DE CAJU
E CALDO DE CANA**

JOÃO PESSOA

2019

SIDNEY LUCAS MONTEIRO DE ARAUJO

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE COMPOSTA POR POLPA DE CAJU
E CALDO DE CANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação de Química Industrial, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Muniz
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Flavia Santos Coelho

JOÃO PESSOA

2019

A663e Araujo, Sidney Lucas Monteiro de.

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE
COMPOSTA POR POLPA DE CAJU E CALDO DE CANA /
Sidney Lucas Monteiro de Araujo. - João Pessoa, 2019.

56 f.: il.

Orientação: Marcelo Barbosa Muniz.

Coorientação: Ana Flavia Santos Coelho.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Polpa de caju. 2. Caldo de cana. 3. Via alternativa de
fermentação. 4. Destilação. 5. Aguardente composta. I. Muniz,
Marcelo Barbosa. II. Título.

UFPB/BC

SIDNEY LUCAS MONTEIRO DE ARAUJO

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE AGUARDENTE COMPOSTA POR POLPA DE CAJU
E CALDO DE CANA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) vinculado ao curso de Química Industrial, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

RESULTADO: _____ NOTA: _____

João Pessoa, _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Barbosa Muniz (Orientador)
UFPB

Prof.^a Dr.^a Ana Flavia Santos Coelho (Coorientadora)
UFPB

Prof. Dr. Carlos Alberto Bispo De Sousa (Examinador)
UFPB

Dr. Sófacles Figueredo Carreiro Soares (Examinador)
UFPB

DEDICATORIA

*Dedico este trabalho a Deus, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada;
Aos meus avós, Alairdes e Izabel, que não mediram esforços para
tornar o meu sonho possível;
As minhas tias, Alcineide e Edvoneide por todo apoio e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado durante todo o curso, me dando força e coragem para superar as adversidades que surgiram durante esta caminhada.

Aos meus avós (Alaides e Izabel) e as minhas tias (Alcineide e Edvoneide) que me deram todo o apoio necessário para a realização deste sonho.

Aos amigos Antônio, Arthur, Edna, Guilherme, Gustavo, Marllon, Maurivânio, Rodrigo, Rommario e todos os outros que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Agradeço a Mércia Melo, que foi a minha primeira orientadora, aos técnicos Sófacles e Clóvis, que sempre contribuíram nos meus projetos de iniciação científica e a Bruna, que dedicou parte do seu tempo me auxiliando durante o desenvolvimento deste trabalho.

Meu eterno agradecimento aos meus orientadores Marcelo e Ana Flavia, pela confiança e contribuição na realização deste trabalho e em especial a banca examinadora, por disponibilizarem parte do seu tempo para avaliar esta pesquisa.

RESUMO

A cachaça é a bebida tipicamente brasileira, que atualmente classifica-se como o a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e com um mercado em expansão, em que apenas 1% da sua produção é exportada. É conhecida por diversos nomes populares (cachaça, aguardente, pinga, caninha, branquinha etc.), mas segundo a legislação brasileira, a bebida possui duas classificações básicas: aguardente e cachaça. Com o aumento do consumo de aguardente e a possibilidade de exportação cada vez mais exigindo um produto de qualidade, o presente trabalho teve como objetivo a produção de aguardente, a partir da mistura entre a polpa de caju e do caldo de cana, por meio de dois processos diferentes. Expondo assim, dois processos para se obter um produto final com uma qualidade diferenciada, atendendo aos padrões da legislação vigente e possibilitando uma maior facilidade para agradar os consumidores mais exigentes, além de possibilitar a exportação para diversos países. Durante o processo fermentativo foram monitoradas as seguintes variáveis: sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais, concentração de etanol, pH e temperatura. As análises físico-químicas foram realizadas durante todo o processo para evidenciar a qualidade da bebida e verificar se atende aos padrões exigidos por legislação. Os mostros foram separados em três biorreatores, no qual ao final das fermentações, destilou-se os fermentados, obtendo-se duas aguardentes compostas, a primeira a partir do fermentado no biorreator 1 (via tradicional) e a segunda a partir da mistura dos fermentados nos biorreatores 2 e 3 (via alternativa). Em todos os fermentados, utilizou-se um mostro inicial com 15,0 °Brix e a quantidade de levedura foi de 15,0 g/L, que após a fermentação, deu origem a vinhos fermentados com teores alcoólicos superiores a 8,0 °GL, valor considerado ideal para a destilação. Os teores alcoólicos das aguardentes compostas foram de 40,0 °GL para a obtida por via fermentativa tradicional e 41,0 °GL para a obtida por via fermentativa alternativa. Todos os demais parâmetros analisados estão dentro da faixa exigida. O estudo comprova a possibilidade do uso de vias fermentativas diferentes da tradicional, sem interferência negativa no produto final, no qual a utilização de polpa de caju e caldo de cana, demonstrou ser uma excelente matéria-prima para a obtenção de aguardente composta.

Palavras-chave: polpa de caju, caldo de cana, via alternativa de fermentação, destilação, aguardente composta.

ABSTRACT

Cachaça is the typical Brazilian drink, which currently ranks as the third most consumed distilled beverage in the world and with an expanding market, where only 1% of its production is exported. It is known by several popular names (cachaça, aguardente, pinga, caninha, branquinha etc.), but according to Brazilian legislation, the drink has two basic classifications: aguardente and cachaça. With the increase in the consumption of aguardente and the possibility of exporting more and more demanding a quality product, the present work had as its objective the production of aguardente, from the mixture between the cashew pulp and the cane juice, by means of two different processes. In this way, two processes are presented to obtain a final product with a differentiated quality, complying with the standards of the current legislation and making it easier to please the most demanding consumers, in addition to exporting to different countries. During the fermentation process, the following variables were monitored: total soluble solids, total reducing sugars, ethanol concentration, pH and temperature. The physical-chemical analyzes were performed throughout the process to evidence the quality of the beverage and verify that it meets the standards required by legislation. The samples were separated into three bioreactors in which at the end of the fermentations the fermented were distilled, obtaining two aguardentes compostas, the first one from the fermented one in the bioreactor 1 (traditional way) and the second one from the mixture of the fermented ones in bioreactors 2 and 3 (alternative route). In all the fermented, an initial sample with 15,0 ° Brix was used and the amount of yeast was of 15,0 g / L, that after the fermentation, gave origin to fermented wines with alcoholic contents superior to 8,0 ° GL, ideal value for distillation. The alcohol content of the aguardentes compostas was 40,0 ° GL for that obtained by traditional fermentation and 41,0 ° GL for the one obtained by alternative fermentation route. All other parameters analyzed are within the required range. The study proves the possibility of using fermentation routes different from the traditional one, without negative interference in the final product, in which the use of cashew pulp and cane juice proved to be an excellent raw material for obtaining aguardentes compostas.

Key words: cashew pulp, cane juice, alternative route of fermentation, distillation, aguardentes compostas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da área com cajueiros colhida no Brasil, período de 1990 a 2015 (Estimativa)	18
Figura 2 – Produção de cachaça de alambique	23
Figura 3 – Alambique que cobre	32
Figura 4 – Sanitização dos cajú	36
Figura 5 – Liquidificador industrial	37
Figura 6 – Filtração em tecido previamente higienizado	37
Figura 7 – Bagaço do caju	38
Figura 8 – Comportamento cinético da fermentação alcoólica dos biorreatores	46
Figura 9 – Comportamento cinético do pH dos biorreatores	47
Figura 10 – Comportamento cinético da temperatura dos biorreatores	48
Figura 11 – Comportamento cinético da concentração de açúcares redutores totais (ART) .	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teores máximo e mínimo para os componentes secundários e contaminantes presentes na aguardente composta e cachaça (BRASIL, 2005; BRASIL, 2014)	30
Tabela 2 – Rendimento da polpa de caju	43
Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos da polpa de caju e caldo de cana	44
Tabela 4 – Destilação do fermentado do biorreator 1	50
Tabela 5 – Destilação da mistura dos fermentados dos biorreatores 2 e 3	50
Tabela 6 – Composição da aguardente composta e normas estabelecidas pela legislação	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Cana-de-açúcar	16
3.2 Caju	17
3.3 Aguardente Composta x Cachaça	18
3.4 Importância e produção da cachaça	19
3.5 Diferenças da Cachaça Industrial e de Alambique	21
3.6 Processo de produção da cachaça de alambique	22
3.6.1 Cana-de-açúcar	24
3.6.2 Moagem	24
3.6.3 Filtração e Decantação	24
3.6.4 Diluição do caldo	24
3.6.5 Fermentação	25
3.6.5.1 Parâmetros de controle da fermentação	27
3.6.5.2 Dornas de Fermentação	28
3.6.6 Destilação	28
3.6.6.1 Padrões de identidade e Qualidade	29
3.6.6.2 Processo de destilação	32
3.6.7 Engarrafamento e Armazenamento	33
3.7 Mercado	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 Matérias-primas	35
4.2 Local do estudo	35
4.3 Higienização dos caju	35
4.4 Extração da polpa do caju	36
4.5 Correção dos caldos e inoculação	38
4.5.1 Preparo dos caldos nos biorreatores de fermentação	38
4.5.2 Inoculação e fermentação alcoólica	39
4.6 Destilação	39

4.7 Análises físico-químicas realizadas durante a elaboração das aguardentes	40
4.7.1 Teor de sólidos solúveis totais	40
4.7.1.1 Sacarímetro	40
4.7.1.2 Refratômetro	40
4.7.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	40
4.7.3 Umidade	40
4.7.4 Resíduo mineral (Cinzas)	41
4.7.5 Teor alcoólico	41
4.7.5.1 Teor alcoólico durante a fermentação	41
4.7.5.2 Teor alcoólico das aguardentes	41
4.7.6 Acidez total	41
4.7.7 Temperatura	42
4.7.8 Açúcares Redutores totais (ART)	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Caracterização físico-química da polpa de caju e do caldo de cana	43
5.2 Cinética do processo fermentativo	45
5.2.1 Comportamento da concentração de sólidos solúveis totais e do etanol	45
5.2.2 Comportamento do pH e temperatura	46
5.2.3 Comportamento dos açúcares redutores totais (ART)	48
5.2.4 Caracterização físico-química da aguardente	49
6 CONCLUSÕES	52
REFERENCIA	53

1 Introdução

O mercado brasileiro da aguardente tem passado por recentes transformações, principalmente devido à elitização do consumo e por uma busca crescente de qualidade. Antes vista com um certo preconceito, há algum tempo, o consumo de cachaça passou a ser cercado por um certo *glamour* (ALVES *et al.*, 2008)

O consumo de aguardente pelos brasileiros ainda é pequeno quando comparado com outras bebidas. Em média, o brasileiro consome 11,5 litros de aguardente por ano, enquanto que a quantidade de cerveja e de refrigerante consumida por cada pessoa é de 117 litros e 142 litros, respectivamente. Se comparada com outras bebidas destiladas no cenário mundial, a aguardente é o terceiro destilado mais consumido no mundo, perdendo apenas para a *vodka* e o *soju* (bebida destilada originária da Coreia e feita de arroz), mas de todo o volume produzido nacionalmente, aproximadamente 1% é exportado (LIZ *et al.*, 2016).

A bebida alcoólica tipicamente associada ao Brasil, conhecida por diversos nomes populares, como cachaça, aguardente, pinga, caninha, branquinha etc., possui dez variedades, segundo a legislação brasileira. A maior parte delas corresponde a atributos (adição de açúcar e tempo envelhecimento) referentes aos dois tipos básicos da bebida: a aguardente e a cachaça. De acordo com o tipo da bebida que se deseja produzir, existe a necessidade de adaptação do processo para garantir um produto de qualidade (JÚNIOR *et al.*, 2014).

Uma das variedades é a aguardente composta, que em geral, é a bebida com graduação alcoólica de 38 a 54%, resultante da mistura de caldo de cana-de-açúcar com outra substância de origem vegetal ou animal. A partir dos fermentados, por meio de destilação se obtêm as aguardentes compostas sendo necessária à adaptação do processo de produção de acordo com a matéria-prima (BRASIL, 2009).

Com o crescente interesse por produtos denominados artesanais, principalmente por parte das classes sociais de melhor poder aquisitivo, o produto artesanal vem ganhando destaque no mercado mundial e também no brasileiro. Com isso, o pequeno e médio produtor possui a chance de competir com o chamado “produto industrial”, sendo imprescindível para isso a qualidade. A crescente busca por aguardente de qualidade e a possibilidade de exportação estão cada vez mais exigindo que o processo de fabricação de aguardente seja baseado em práticas criteriosamente determinadas para obtenção de um produto mais padronizado e com qualidade comprovada nos aspectos físico-químicos

e sensoriais. A qualidade da aguardente requer conhecimentos científicos e tecnológicos apurados, competência, sensibilidade e dedicação (CARDOSO *et al.*, s/d).

Visando a obtenção de uma aguardente de qualidade e diferenciada, o caju é uma ótima alternativa para a produção de aguardente composta, pois se trata de um pseudofruto que possui características favoráveis para uma fermentação eficiente. Além de agregar valor a bebida, por melhorar suas características sensoriais e consequentemente, resultar em uma bebida diferenciada, favorece a aquisição do produto por parte das classes sociais de maior poder aquisitivo, além de possibilitar a exportação para diversos países.

A cajucultura no Brasil está concentrada no Nordeste e possui importância socioeconômica para a região, principalmente para o semiárido por gerar postos de trabalho e renda na época mais seca do ano. As agroindústrias beneficiadoras da castanha também são importantes geradoras de empregos diretos e indiretos (VIDAL, 2016).

Sabendo da importância econômica, social e cultural da produção de cachaça/aguardente no cenário nacional, é fundamental que seus produtores possam agregar valor e qualidade à bebida, com isso a presente pesquisa tem como objetivo obter a aguardente composta de caju e cana-de-açúcar, realizando uma mistura entre a polpa do caju e o caldo de cana por meio de dois processos diferentes. Expondo assim, dois processos para se obter um produto final com uma qualidade diferenciada, atendendo aos padrões da legislação vigente e possibilitando uma maior facilidade para agradar os consumidores mais exigentes.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver duas aguardentes compostas por polpa de caju (*Anacardium occidentale*) e caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

2.2 Objetivos Específicos

- Produzir as aguardentes compostas por meio de dois processos diferentes, onde no primeiro processo é utilizado um único biorreator para realizar a fermentação da polpa do caju e do caldo de cana misturados. No segundo processo, são utilizados dois biorreatores (no primeiro biorreator é realizado a fermentação apenas do caldo de cana, já no segundo, é realizado apenas a fermentação da polpa do caju).
- Caracterizar as matérias-primas (polpa de caju e caldo de cana-de-açúcar) mediante análises físico-químicas (pH, acidez total, sólidos solúveis totais, umidade e cinzas);
- Acompanhar a cinética de fermentação mediante análises físico-químicas (pH, temperatura, sólidos solúveis totais, açúcares redutores totais e teor alcoólico);
- Analisar as aguardentes produzidas mediante análises físico-químicas (teor alcoólico e acidez volátil).

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, cuja tecnologia de cultivo é bastante desenvolvida, além de contar com excelentes programas de melhoramento genético, que disponibilizam variedades prioritariamente para fabricação de etanol (utilizado tanto na fabricação de bebidas alcoólicas como em forma de combustível para veículos) e açúcar (TORRES, 2017).

São 367 unidades produtoras em atividade no País. O setor gera mais de 794 mil empregos formais, somando os empregos indiretos, são cerca de 2,4 milhões de pessoas empregadas na cadeia produtiva da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar é a 1ª fonte de energia renovável do País, responsável por 43,5% de toda a energia ofertada. Este percentual já posiciona o Brasil acima da média mundial (13,5%) no uso de energias limpas e renováveis (UNICA, 2018).

Os números finais da safra 2017/18 apontam para uma área colhida de 8.729,5 mil hectares de cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira, número 3,5% menor em relação ao ocorrido na safra passada. (CONAB, 2018).

A produção de cana-de-açúcar finalizou com 633,3 milhões de toneladas. Em relação à safra passada, a safra 2017/18 apresenta uma redução de 3,6%. A intensidade na redução de área em praticamente todos os estados produtores tem relação direta com a queda de produção (CONAB, 2018)

A Zona da Mata nordestina, que contempla os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia, constitui a principal área produtora de cana-de-açúcar no Nordeste, pois esta região, comparada ao Semiárido, possui melhores condições de precipitação pluviométrica, caracterizada pelo maior volume de chuvas, maior regularidade e melhor distribuição ao longo do período chuvoso (VIDAL, 2018).

Na Paraíba a produção na safra 2017/2018 foi de 5.829,5 mil toneladas. A destinação da cana-de-açúcar foi direcionada em 21% para produção de açúcar e 79% para o etanol, definido pelo cenário econômico favorável para o etanol em relação ao açúcar. A safra 2017/18 apresentou condições climáticas favoráveis em relação aos últimos cinco anos, com níveis de precipitação mais próximos ao ideal, mesmo que não

o tenha alcançado. A safra fechou com a produtividade média de 48.742 kg/ha, contra uma produtividade de 44.014 kg/ha na última safra (CONAB, 2018).

3.2 Caju

A cajucultura no Brasil está concentrada no Nordeste e possui elevada importância socioeconômica para a região, principalmente para o semiárido por gerar postos de trabalho e renda na época mais seca do ano (VIDAL, 2018).

Do cajueiro aproveita-se praticamente tudo, sendo que a amêndoa da castanha-de-caju é o principal produto de utilização do cajueiro. Ela é rica em proteínas, lipídios, carboidratos, fósforo e ferro, além de zinco, magnésio, proteínas, fibras e gordura insaturada, que ajudam a diminuir o nível de colesterol no sangue. Da amêndoa também pode ser extraído um óleo que pode ser utilizado como substituto do azeite de oliva. Existe também o pedúnculo (ou pseudofruto) maior, mais macio e comestível. É geralmente confundido como fruto, quando na realidade é o contrário (GAZZOLA *et al.*, 2006).

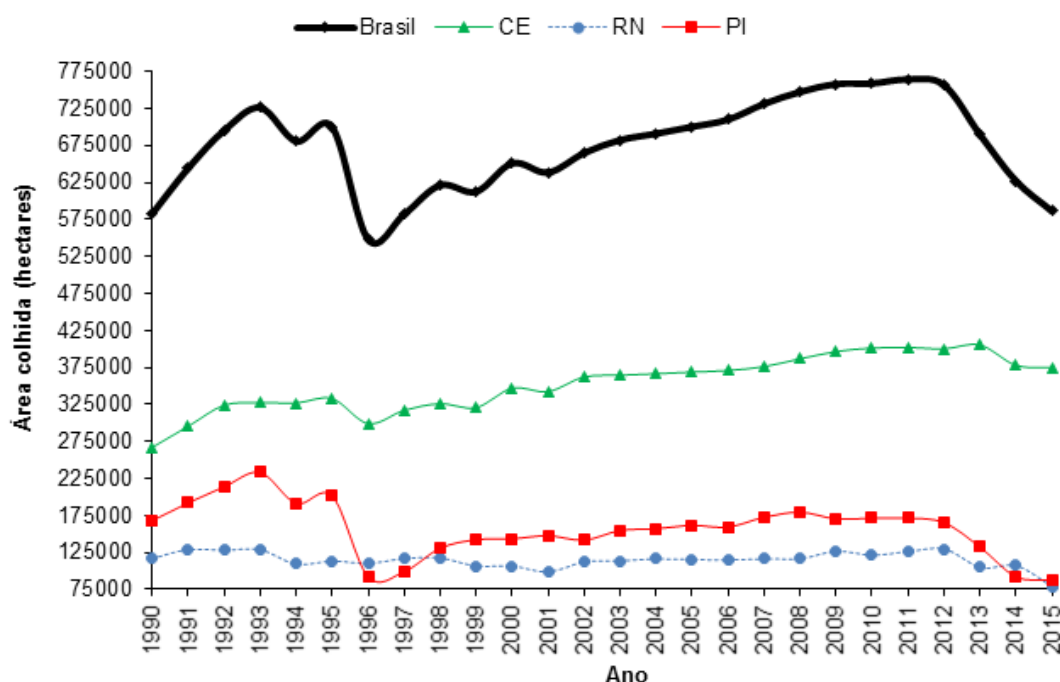
A cultura do cajueiro é explorada por aproximadamente 195 mil produtores, sendo que cerca de 75% deles são pequenos produtores, com áreas inferiores a 20 hectares. Na cadeia produtiva do caju, estima-se a geração anual de cerca de 250 mil empregos diretos e indiretos, cuja importância é ainda maior devido à época de maior demanda de mão de obra (colheita) coincidir com a entressafra das culturas anuais de subsistência. Na região produtora de caju no Nordeste brasileiro, encontram-se grandes fábricas e dezenas de mini fábricas processadoras de castanha, cuja capacidade atual de beneficiamento gira em torno de 300 mil toneladas de castanhas. Destacam-se também as fábricas e mini fábricas processadoras de suco, e as mini fábricas de cajuína e doces (SERRANO; PESSOA, 2016).

Nos últimos anos, o Ceará vem representando quase 50% do total de castanha-de-caju produzida no Brasil, sendo seguido pelos estados do Rio Grande do Norte (22%) e Piauí (18%), os quais juntos representam cerca de 90% do total produzido. Os estados da Bahia, Maranhão e Pernambuco complementam quase a totalidade do restante (SERRANO; PESSOA, 2016).

Entre os anos de 1990 e 2012, a área destinada à cajucultura no Brasil passou de 582 mil hectares para 756 mil hectares (Figura 1), um acréscimo de 30%. No entanto, nota-se que, no período entre 2006 a 2012, esse crescimento foi de apenas 6,5%, e, entre

2013 e 2015, constata-se uma redução na área colhida, a qual ficou em torno de 586 mil ha. Essa queda observada na área colhida de caju no Brasil tem forte influência dos elevados índices de mortalidade de plantas na cajucultura localizada na região semiárida do Nordeste e pelo déficit hídrico (precipitações abaixo das médias históricas) entre 2012 e 2015 (SERRANO; PESSOA, 2016).

Figura 1 - Evolução da área com cajueiros colhida no Brasil, período de 1990 a 2015 (Estimativa).



Fonte: EMBRAPA, 2016

3.3 Aguardente Composta x Cachaça

Segundo a legislação sobre bebidas alcoólicas destiladas (Lei nº 6.871/2009): Aguardente composta é a bebida com graduação alcoólica de trinta e oito a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, resultante da adição de substância de origem vegetal ou animal na aguardente ou no destilado alcoólico simples ou na mistura destes ingredientes alcoólicos.

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de trinta e oito a quarenta e oito por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-

açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro.

A cachaça é um destilado 100% brasileiro que provem exclusivamente da cana-de-açúcar, ela tem característica de possuir alto teor alcoólico e uma complexidade sensorial incrível. Para ser considerada cachaça, a bebida deve ser obtida através da destilação do mosto fermentado da cana, sem adição de extrato de sabores (CACHAÇARIA NACIONAL, 2018).

Existem muitas bebidas espalhadas pelo Brasil que recebem a nomenclatura de cachaça equivocadamente, porém não se deve chamar de cachaça outros destilados não providos da cana. Um destilado de banana é uma aguardente de banana e não é cachaça de banana. Se houver a adição de ervas, especiarias e/ou outros ingredientes na cachaça, não é possível denomina-la como cachaça, mas sim como uma aguardente composta ou bebida mista (CACHAÇARIA NACIONAL, 2018).

Apesar do termo “cachaça” e “aguardente composta” possuírem definições um pouco diferentes (segundo a legislação), em geral, todo o processo de produção da cachaça aplica-se a aguardente composta. Basicamente, a principal diferença entre os dois termos está relacionada a matéria-prima que é utilizada para a obtenção da bebida, no qual só receberá a denominação de cachaça quando a matéria-prima utilizada para o fermentado for exclusivamente o caldo de cana-de-açúcar.

3.4 Importância e produção da cachaça

A cachaça exerce importante papel econômico, social e cultural no Brasil. Sendo assim, é de fundamental importância que seus produtores possam agregar valor e qualidade à bebida sem abrir mão de competitividade e sustentabilidade (LIZ *et al.* 2016).

Durante os últimos anos tem se observado importantes ações rumo à valorização da cachaça através do reconhecimento internacional de origem exclusiva brasileira. Em 2013, a lei americana passou a considerar a nossa aguardente como um produto exclusivamente brasileiro. Em outras palavras, somente garrafas que saem do Brasil podem ser vendidas nos Estados Unidos com o nome de cachaça, regra seguida também na Colômbia e no México. É pouco, quando comparado à tequila, que é protegida como um bem mexicano por 46 nações, mas é um avanço (ESTADÃO, 2018).

O agronegócio da cachaça movimentou cerca de R\$ 7 bilhões em sua cadeia produtiva, com cerca de 40 mil produtores no Brasil em 2012. Nesse contexto, a produção

alcançada de 1,4 bilhões de litros se divide em 70% de cachaça industrial e 30% de cachaça de artesanal. O setor gera cerca de 600 mil empregos diretos e indiretos, sendo composto por cerca de 4 mil marcas de cachaça. De acordo com estimativas das entidades vinculadas ao processo produtivo da cachaça, o mercado informal ainda é elevado em algumas regiões e, considerando sua produção, o volume de cachaça produzido aumentaria para algo em torno de 2 bilhões de litros/ano (LIZ *et al.* 2016).

A cachaça é exportada para mais de 60 países, distribuídos entre todos os continentes, tendo movimentando, em 2015, US\$ 13,32 milhões e 7,77 milhões de litros (PAIVA *et al.*, 2017).

O Nordeste conta com várias regiões produtoras de cachaça localizadas, principalmente, nos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia em diferentes regiões de cada um desses estados. Em Pernambuco, sabe-se que há produção em cerca de 31 municípios, concentrados na Zona da Mata e no Agreste, com destaque para Vitória de Santo Antão e seus arredores, onde se localiza a Pitu, uma das grandes empresas do setor em nível nacional. Neste Estado existem 37 unidades produtoras de cachaça, além de sete engarrafadoras ou padronizadoras, duas das quais também fazem o envelhecimento. Possuem escalas de produção que variam de 500 a 1.000 litros/dia a 10.000 litros/hora, predominando, em termos de número de estabelecimentos, os micros e pequenos produtores. No Ceará, há um polo produtor na Serra de Guaramiranga e um outro na Serra da Ibiapaba, onde localizam-se cerca de 70 pequenos e micro alambiques, com exceção de um maior, arrendado pela Ypioca¹², uma outra empresa de grande porte no setor (MONTEIRO; SANTOS JÚNIOR, 2001, apud LIMA, 2006).

De acordo Luna (2018), a Paraíba é o maior produtor de cachaça de alambique do Brasil: são 80 engenhos legalizados que produzem a bebida, cerca de 90% produzem a cachaça de alambique. A Paraíba ainda fica em segundo lugar no número de produtores, ou seja, o número de engenhos que produzem e engarrafam cachaças, perdendo apenas para o estado de Minas Gerais. São cerca de 30 engenhos que produzem e engarrafam cachaça e outros 50 que produzem a bebida, mas não engarrafam, vendem para outras marcas. A produção no estado chega a 12 mil litros anuais.

O Brasil é o único país do mundo a produzir cachaça, se considerarmos esses dados, a Paraíba é número 1 no mundo na produção de cachaça de alambique e o segundo no mundo com maior número de produtores (LUNA, 2018).

Em Alagoas há registro de produção de cachaça na Zona da Mata com sete engenhos em funcionamento e outros no momento desativados. Nos demais Estados do Nordeste e mesmo a produção é, em geral, feita por micros e pequenos engenhos. Na Bahia, a maior parte da produção localiza-se na Chapada Diamantina, região onde vem sendo observado um esforço de melhoria na tecnologia de produção, havendo predominância de micro e pequenos produtores de um produto considerado de boa qualidade. No Piauí vem ocorrendo crescimento da atividade, com 22 marcas de cachaça registradas no Ministério da Agricultura, estando a maior concentração de produção registrada no município de Palmeira, no extremo sul do Estado, que reúne 60 produtores (LIMA, 2006).

3.5 Diferenças da Cachaça Industrial e de Alambique

Dois métodos são utilizados para a destilação da bebida: em colunas de aço inox (industrial) ou em alambiques de cobre. Mais de 80% destinam-se a obter a bebida pelo método de destilação em colunas de aço inox. O estado de São Paulo destaca-se como o maior produtor de cachaça por esse método, enquanto Minas Gerais lidera a produção em alambiques de cobre (CRAVO, 2017).

Muito embora para boa parte das pessoas o conceito de cachaça de alambique seja o mesmo da industrial, ressalva-se que existem diferenças não só na definição como também no modo da produção. Desta forma, pode-se diferenciar os dois métodos de maneira simples e objetiva, porém, bastante elucidativa. A cachaça industrial, também chamada de aguardente de cana, é produzida em grandes destilarias, localizadas especialmente em São Paulo. A cana utilizada é colhida com máquinas, após a queima das folhas no campo, e transportada em grandes caminhões até as moendas. Ali é extraído o suco da cana, que passa então por uma fermentação de apenas seis horas, no qual se usam catalisadores químicos, que aceleram o processo. A destilação é feita em grandes colunas de aço inox, sem a separação da cabeça e da cauda, em um processo de destilação contínua. Com isto, a produção é muito maior, com grande rendimento, mas sem o refinamento de um destilado nobre (NUNES; NETA, 2010).

A cachaça de alambique diferencia-se por ser produzida em pequenas destilarias, que geralmente, utilizam cana-de-açúcar cortada a mão, sem a queima das folhas. A moagem ocorre no máximo 24 horas após o corte e utiliza-se apenas cana selecionada, com o descarte, ou aproveitamento para ser queimado nas fomalhas, da ponta e da palha.

O processo de fermentação, que pode levar de 24 a 30 horas, é peculiar, podendo utilizar fermentos produzidos no próprio alambique ou então fermentos selecionados, disponíveis no mercado. A produção por esse sistema é sempre em pequenas quantidades, sendo que a média brasileira fica entre 300 e 1.000 litros/dia. O destilado é separado em 3 frações: cabeça (10%), coração (80%), que é a cachaça propriamente dita, e cauda (10%). Os alambiques utilizados são de cobre, similares aos que se usa para destilação do conhaque, aquecidos com fogo direto ou vapor. A escolha desse material se deve às suas propriedades como bom condutor de calor e também por catalisar reações químicas que eliminam substâncias com odores desagradáveis, como mercaptanas e ácidos graxos (NUNES; NETA, 2010).

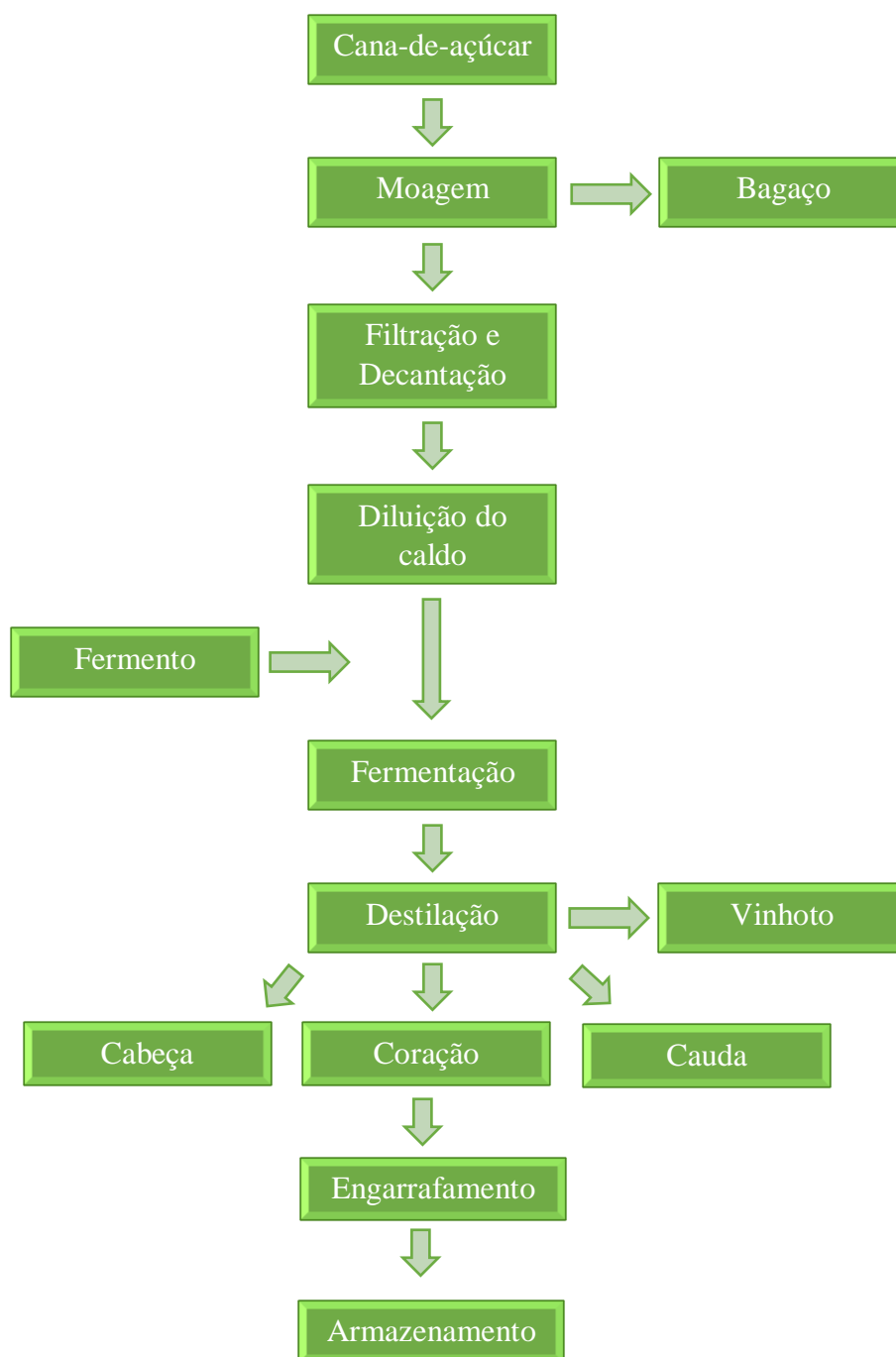
Perante a legislação brasileira e as normas técnicas estipuladas pela ANVISA ambos produtos são idênticos. Seja cachaça industrial, obtida através da destilação em coluna contínua, ou cachaça artesanal, obtida através da destilação do mosto fermentado da cana em alambiques de cobre. Mas na realidade, há inúmeras diferenças entre as cachaças artesanais e as industriais. Normalmente as cachaças industriais são produzidas por empresas de grande porte, que produzem em altíssima quantidade. Possuem grandes áreas para o cultivo da cana. Já as cachaças artesanais são produzidas em menor escala e por pequenos produtores. Muitos deles utilizam de mão-de-obra familiar e um tempo maior para a produção do destilado (ARAÚJO, 2017).

3.6 Processo de produção da cachaça de alambique

O processo de produção da cachaça de alambique está atrelado a uma série de etapas que devem ser seguidas e monitoradas durante todo o processo, desde a escolha do tipo de cana, passando pela época certa da colheita, o tempo de moagem, até o engarrafamento.

Na Figura 2 é apresentado um modelo geral da produção de cachaça de alambique.

Figura 2 - Produção de cachaça de alambique.



Fonte: O autor

Cada etapa do processo possui características específicas que devem ser seguidas para a obtenção de uma aguardente/cachaça de qualidade. De maneira geral, as principais etapas e suas características são:

3.6.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é a matéria-prima utilizada na fabricação da cachaça. Ela exige alguns aspectos de qualidade que são fundamentais para uma fermentação adequada. Quando colhida, deve apresentar teor de °Brix (teor de sólidos solúveis do caldo) acima de 18 °Brix. Recomenda-se que a cana não seja queimada, pois gera grandes inconvenientes, como a queima de microrganismos necessários para uma boa fermentação. Outro fator importante sobre o corte é observar bem o grau de maturação da cana, já que uma cana verde irá produzir metanol, o que é indesejável em uma boa cachaça.

3.6.2 Moagem

A moagem tem como objetivo final extrair o caldo e recuperar o açúcar que está dissolvido nos colmos de cana-de-açúcar. Depois de cortada, a cana madura, fresca e limpa deve ser moída num prazo máximo de 36 horas. O processo de extração do caldo é um dos fatores mais importantes que influenciam o rendimento do processo produtivo. A extração é feita através de moendas, que são constituídas por cilindros ou rolos e a bagaceira que é colocada entre os rolos para conduzir o bagaço entre o primeiro e o segundo esmagamento. Esse maquinário pode ser movido por motores elétricos, diesel, vapor ou otimizada. É importante que a máquina tenha um dispositivo para controlar a pressão, caso contrário, haverá ruptura do cilindro, ocorrendo um excesso de alimentação ou ainda a presença de metais e pedras que acompanham a matéria-prima.

3.6.3 Filtração e Decantação

Depois de ser extraído na moagem, o caldo é filtrado por uma peneira, e por decantação, deixa para trás o bagacilho. A presença de bagacilho poderá trazer elementos indesejáveis ao destilado como o furfural. Após a limpeza, o caldo vai para uma dorna, para que seja padronizado e se torne adequado para a fermentação.

3.6.4 Diluição do caldo

O caldo puro extraído da cana de açúcar possui uma concentração elevada de teor de açúcar, que não é ideal para as leveduras alcoólicas. Para que as leveduras possam

atuar é necessário que haja a diluição desse caldo (concentração de sólidos solúveis totais na faixa de 14 a 16 °Brix), conhecido como mosto. O mosto, é o caldo açucarado diluído que está apto a sofrer fermentação.

Isto acontece com a adição de água de boa qualidade na dorna de diluição. O caldo é um excelente meio para desenvolvimento das leveduras pois, de modo geral, possui acidez e nutrientes suficientes para fermentação. Porém, algumas correções nesses valores podem aumentar o rendimento e assegurar uma melhor qualidade do produto final nos aspectos nutricionais, microbiológicos e sensoriais.

3.6.5 Fermentação

Fermentação é o fenômeno causado por microrganismos vivos, sejam bactérias, fungos ou leveduras, que decompõem e transformam o substrato. Este desdobramento resulta em produtos variados, dependendo da composição do substrato e dos microrganismos presentes.

Segundo Becker *et al.* (2009), a fermentação alcoólica é um processo constituído basicamente por três etapas importantes, conhecidas como: fermentação preliminar (pré-fermentação), fermentação principal (tumultuosa) e fermentação complementar (pós-fermentação).

Na fermentação preliminar, observa-se que o consumo de açúcares resulta na predominante multiplicação de leveduras. Não há produção de álcool e liberação de CO₂, sendo que a elevação da temperatura é muito pequena. Esta etapa deve ser curta, para adaptação das leveduras ao meio.

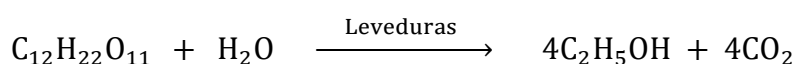
Durante a fermentação principal, já se observa significativo desprendimento de CO₂, com intensa produção de álcool, elevação rápida da temperatura e dos teores de ácidos, formação de espumas e redução significativa da densidade do mosto em fermentação, pela transformação dos açúcares em álcool e outros compostos líquidos.

Finalizando o processo, na fermentação complementar há o consumo dos açúcares que ainda estão disponíveis no meio, verifica-se aumento da acidez, redução da temperatura e do desprendimento de CO₂, em virtude da menor formação de etanol, devido ao esgotamento do meio. Após finalizada a fermentação alcoólica, a superfície do vinho fica tranquila e limpa de espumas, sendo então considerada concluída.

O principal microrganismo presente no fermento é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Essa espécie de fungo é a mesma utilizada na preparação do fermento de

panificação, na produção de álcool combustível e nos processos fermentativos que dão origem à maioria das bebidas alcoólicas conhecidas. A *Saccharomyces cerevisiae* predomina na indústria de bebidas por sua capacidade de tolerar as condições de fermentação: alta concentração inicial de açúcar, acidez elevada, variações na temperatura, disponibilidade de nutrientes e, sobretudo, teores crescentes de etanol. Essas condições peculiares selecionam linhagens de levedura que têm mecanismos de resistência aos estresses que sofrem durante a fermentação (ROSA *et al.*, 2007).

No processo da fermentação alcoólica de açúcares, os principais produtos formados são álcool etílico e gás carbônico, de acordo com a reação a seguir:



Fonte: CARDOSO, 2013

Quando a fermentação é realizada com a predominância de leveduras no meio, resultará em fermentação conhecida como pura, apresentando cheiro agradável, lembrando o aroma de frutas. Verifica-se também a formação de espumas leves, com bolhas pequenas e regulares que se rompem com facilidade. A conclusão da fermentação ocorrerá no tempo previsto.

Entretanto, quando o processo ocorre na presença de contaminantes, geralmente bactérias, o tempo de fermentação é maior, o cheiro exalado é desagradável, normalmente característico do metabolismo que está ocorrendo em paralelo. Assim, o cheiro de vinagre indica que está havendo uma fermentação acética, enquanto o de ranço é característico da fermentação butírica. A espuma que se forma é persistente, formando bolhas grandes que não se rompem, provocando o derramamento de material e até mesmo o transbordamento do mosto em fermentação (BECKER *et al.*, 2009).

Quando o fermento está contaminado, deve ser descartado do processo, lavando-se a dorna com água quente, preparando um novo pé-de-cuba para o próximo ciclo de fermentação. Pode-se dizer que as contaminações ou acidentes da fermentação fazem parte da rotina das unidades de produção, independentemente do seu tamanho, capacidade ou mesmo técnica de condução empregada, em maior ou menor proporção. Entre os fatores facilitadores, pode-se destacar a qualidade da matéria-prima processada, higiene e limpeza dos equipamentos e do ambiente de trabalho, emprego do fermento adequado, preparo correto do mosto, inoculação da quantidade adequada de fermento, condução e controles da fermentação (BECKER *et al.*, 2009).

3.6.5.1 Parâmetros de controle da fermentação

Segundo Becker *et al.* (2009), durante o processo fermentativo, alguns fatores podem afetar diretamente a qualidade e eficiência da fermentação, são eles:

Concentração de açúcares: avaliada através da medida dos sólidos solúveis totais (°Brix) do mosto, durante toda a fermentação, em intervalos regulares, do início ao final do processo. Os valores obtidos devem indicar a queda continua dos mesmos, revelando que as leveduras estão transformando os açúcares em álcool. A paralisação precoce ou queda lenta do °Brix pode indicar que está acontecendo algum desequilíbrio (matéria prima deteriorada, fermento ou concentração de açúcar inadequada, refrigeração excessiva, fermento debilitado) favorecendo a ocorrência das contaminações.

Temperatura do mosto em fermentação: o ideal é que a temperatura permanecesse entre 26-32°C. Na prática, os valores observados na fase principal poderão apresentar-se superiores, alcançando até 35-36°C, dependendo da região e da época do ano que se trabalha, exigindo refrigeração das dornas. Quando a temperatura estiver muito baixa no início da safra, recomenda-se o aquecimento do mosto antecedendo a inoculação do fermento.

Tempo de fermentação: a fermentação regular deve se processar num período de 12 a 24 horas. O aumento exagerado deste tempo pode indicar irregularidades do processo.

Cheiro: deve ser agradável, penetrante, característico, frutado, variando com a matéria-prima e natureza do mosto. Se desagradável, indica possíveis contaminações.

Aspectos de espuma: normalmente leve, rompe-se com facilidade quando a fermentação é pura ou regular. Quando ocorrem contaminações, apresentam-se pesadas, dificultando o desprendimento do CO₂ formado durante a produção do etanol. Pode haver agrupamento das menores, formando grandes bolhas na superfície da dorna, que não se rompem.

Acidez e pH: o pH do caldo de cana em estágio adequado de maturação é da ordem de 5,0-5,5. Como as leveduras são microrganismos acidófilos, o pH ótimo para a fermentação é da ordem de 4,5, enquanto para a multiplicação do fermento, entre 5,0 e 6,0.

Açúcares residuais: ao final da fermentação, esperam-se valores inferiores a 0,5%.

3.6.5.2 Dornas de Fermentação

As dornas de fermentação são os recipientes nos quais os mostos são submetidos ao processo fermentativo, sendo transformados em vinhos para, em seguida, serem destilados. Recebem também outras denominações como cocho, cuba, etc. Suas dimensões, formas e tipos são os mais variados.

Vários são os tipos de materiais de construção, entre eles, alvenaria, madeira, chapas. Este último tipo tem sido o mais adotado em razão de inúmeras vantagens que oferece sobre os demais, são constituídas geralmente de forma cilíndrica, com o fundo cônico, de maneira a facilitar o escoamento total do líquido e permitir uma limpeza completa, fácil e rápida.

3.6.6 Destilação

A destilação consiste em separar uma mistura de duas ou mais substâncias com volatilidades diferentes através do seu aquecimento, de forma que permita a purificação ou formação de novos produtos por decomposição das frações.

No caso da produção da cachaça deve-se levar em consideração a formação de componentes devido às reações que ocorrem nos alambiques.

O produto da fermentação do mosto é o vinho, que apresenta constituintes gasosos, líquidos e sólidos.

Para ser submetido ao processo de destilação o vinho deve ter sido adequadamente decantado e apresentar a seguinte composição: 5-10% de etanol, 89-94% de água e 2-4% de outros componentes.

A destilação permite a separação de componentes voláteis (água, etanol, aldeídos, etc.) dos componentes não voláteis (células de leveduras, bactérias, sólidos em suspensão, etc.), obtendo como produtos finais duas frações líquidas: o destilado rico em etanol, água e outros componentes e a vinhaça (também conhecido como o vinhoto).

O etanol é o produto principal da destilação sendo constituído por uma mistura hidroalcoólica impura. A vinhaça é o resíduo da destilação sendo composta por água, sais, leveduras, bactérias, etc.

As substâncias presentes no vinho podem estar em suspensão ou em solução. As substâncias que estão em suspensão são células de leveduras e bactérias, e substâncias que não solúveis que acompanham o mosto (bagacilho). As substâncias em solução são açúcares não fermentáveis, substâncias infermentescíveis, sais minerais, etc. Essas

substâncias devem ser eliminadas antes da destilação, pois são prejudiciais a ela. Os açúcares não fermentados e o bagacilho podem formar o furfural, que tem efeito negativo sobre o aroma e o paladar.

As substâncias líquidas são representadas pelo álcool etílico (5 a 10% em volume), pela água (89 a 94% em volume); além dos ácidos succínico e acético, glicarina, furfural, etc.

Entre os componentes gasosos destaca-se a presença de gás carbônico, que é formado durante a transformação de ácido pirúvico em acetaldeído.

A destilação deve ser lenta e gradual para que ocorra a formação e separação dos compostos aromáticos no destilador, permitindo ao destilado atender aos padrões de identidade e qualidade.

3.6.6.1 Padrões de identidade e Qualidade

Em 2014, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresentou mudanças na Instrução Normativa de nº 13/2005, publicando a Instrução Normativa nº 28/2014, alterando o limite máximo para o carbamato de etila. Essa Instrução Normativa apresenta os Padrões de identidade e Qualidade (PIQ's) para os componentes secundários e contaminantes da cachaça (Tabela 1):

Tabela 1 - Teores máximo e mínimo para os componentes secundários e contaminantes presentes na aguardente composta e cachaça (BRASIL, 2005; BRASIL, 2014).

COMPONENTE	UNIDADE	LIMITE	
		Mínimo	Máximo
Graduação alcoólica (aguardente composta)	% v/v de álcool etílico a 20°C	38,0	54,0
Graduação alcoólica (cachaça)	% v/v de álcool etílico a 20°C	38,0	48,0
Acidez volátil, em ácido acético	mg/100 mL de álcool anidro	-	150,0
Ésteres, em acetato de etila	mg/100 mL de álcool anidro	-	200,0
Aldeídos, em aldeído acético	mg/100 mL de álcool anidro	-	30,0
Furfural e hidróximetilfurfural	mg/100 mL de álcool anidro	-	5,0
Álcoois superiores*	mg/100 mL de álcool anidro	-	360,0
Álcool sec-butílico (butan-2-ol)	mg/100 mL de álcool anidro	-	10,0
Álcool butílico (butan-1-ol)	mg/100 mL de álcool anidro	-	3,0
Congêneres**	mg/100 mL de álcool anidro	200,0	650,0
Álcool metílico	mg/100 mL de álcool anidro	-	20,0
Acroleína	mg/100 mL de álcool anidro	-	5,0
Carbamato de etila***	µg L ⁻¹	-	210,0
Cobre	mg L ⁻¹	-	5,0
Arsênio	µg L ⁻¹	-	100,0
Chumbo	µg L ⁻¹	-	200,0

*Álcoois superiores: isobutílico + isoamílico + propílico.

**Congêneres: acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural + álcoois superiores.

*** Limite revogado para 210 µg na Instrução Normativa nº 28, publicada no Diário Oficial da União (DOU), dia 11 de agosto de 2014.

Fonte: BRASIL, 2005; BRASIL, 2014.

Estes componentes secundários são formados em pequenas quantidades durante o processo de fermentação, pois os produtos principais são: álcool etílico e dióxido de carbono. As características de alguns dos compostos secundários são citadas por Cardoso *et al* (s/d.):

Acidez: A alta acidez presente em aguardentes pode ser atribuída à contaminação da cana ou do próprio mosto fermentativo por bactérias acéticas e outras, seja na estocagem da cana ou no próprio caldo de cana, fazendo com que parte do substrato sofra fermentação acética, elevando assim a acidez e diminuindo o rendimento da produção de etanol.

Aldeídos: Podem ter origem como resultado da ação das leveduras durante estágios preliminares do processo de fermentação, principalmente o acetaldeído, que tende a desaparecer no final através de oxidação a ácido acético. São compostos muito voláteis, de odor penetrante, que afetam o aroma das bebidas alcóolicas.

Ésteres: o aroma típico, agradável e suave que a aguardente adquire com o envelhecimento, deve-se principalmente à formação de ésteres relativamente aromáticos, os quais contribuem para a formação do buquê. O principal éster encontrado na cachaça é o acetato de etila que, em pequenas quantidades na aguardente, incorpora um aroma agradável de frutas, mas em grandes quantidades, confere à cachaça um sabor indesejável e enjoativo.

Álcoois superiores: são responsáveis diretos pelo odor da bebida, possuindo aromas característicos, destacando-se os álcoois amílico e propílico, e seus respectivos isômeros. Semelhante ao metanol e etanol esses álcoois também apresentam propriedades biológicas, sendo depressores do sistema nervoso central, entretanto não provocam acidose nem lesão na retina.

Cobre: é um dos metais indesejáveis na aguardente. A presença do cobre na bebida provém do material do alambiques. Este metal contribui para a eliminação de determinados odores desagradáveis observados em aguardentes destiladas em alambiques feitos com outros materiais, como o aço inox. O excesso de cobre pode ser tóxico, sua presença em excesso está associada a várias doenças, como a epilepsia, melanoma e artrite reumatoide, bem como à perda do paladar.

Metanol: o metanol é um álcool particularmente indesejável na aguardente. É originado da degradação da pectina, um polissacarídeo presente na cana-de-açúcar. A molécula de pectina é um composto formado pela associação de centenas de moléculas de ácido galacturônico, que possuem fragmentos de moléculas de metanol, as quais são liberadas durante o processo de fermentação. No organismo, o metanol é oxidado a ácido fórmico e posteriormente a CO₂, provocando uma acidose grave (diminuição do pH sanguíneo), afetando o sistema respiratório, podendo levar ao coma e até mesmo à morte.

3.6.6.2 Processo de destilação

Na produção artesanal de cachaça a destilação é realizada em alambiques de cobre. Na Figura 3 temos o exemplo de um alambique:

Figura 3 – Alambique que cobre.



Fonte: O autor

De acordo com Lima *et al.* (2001 apud Araujo, 2014), o destilado da aguardente é recolhido em três frações para a retirada de compostos indesejáveis:

Cabeça: líquido condensado nos primeiros minutos da destilação, correspondendo a 0,7 a 1,0% do volume total do vinho inicial. Essa fração contém produtos com o metanol, acetaldeído, acetato de etila etc., mais voláteis do que o álcool e grau alcoólico acima de 65°GL devendo ser desprezada.

Coração: o álcool etílico que apresenta ponto de ebulição de 78,5°C sai em grande quantidade. Nesta fração concentram-se 80 – 90% do etanol contido no vinho. As moléculas das substâncias oleosas, como álcoois superiores de três a cinco átomos de carbono presentes no vinho tem maior afinidade pelas moléculas de etanol e saem ao longo de toda destilação, com o perfil de concentração semelhante ao do próprio etanol. Esta é a fração, ou seja, a aguardente que será comercializada.

Cauda: também chamada água fraca, pelo baixo teor alcoólico, apresenta o maior teor de produtos menos voláteis, como os ácidos acéticos e lácticos, que só evaporam na fase final da destilação. Devido ao seu maior ponto de ebulição, estes estabelecem interações mais fortes com a água do que o etanol, sendo que apenas 1% da acidez volátil do vinho é transferida para a aguardente.

Uma segunda destilação pode ser realizada na cachaça com o objetivo de reduzir a quantidade de compostos secundários, atuando na melhoria da qualidade sensorial e aumentando o teor alcoólico. Este produto é então submetido ao envelhecimento resultando na modificação da composição e características. Nessa segunda destilação há redução no volume de armazenamento, já que há nova eliminação de frações de cabeça e cauda e elevação do teor alcoólico, muitas vezes acima do recomendado para comercialização, sendo necessário sua correção pela adição de água destilada (BECKER *et al.*, 2009).

O vinhoto, que é a fração residual que sobra dentro do alambique, é um resíduo altamente poluente e muito mais agressivo ao meio ambiente que o esgoto sanitário doméstico. Quando jogado nos rios constitui uma séria fonte de poluição. Pode ser feito aproveitamento, utilizando-o como fertilizante, na produção de biogás ou na pecuária como complemento de alto teor proteico da ração animal. A aplicação do vinhoto nas lavouras, bem como a fertirrigação, é prática adotada por todas as usinas e destilarias com tecnologia conhecida e bem definida. O uso agrícola do vinhoto e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo e econômico, quanto social. O benefício imediato decorrente do uso racional desse resíduo nas lavouras canavieiras se dá pelo aumento da produtividade, que ocorre com mais intensidade em solos mais pobres e em regiões mais secas (MARQUES, 2013).

3.6.7 Engarrafamento e armazenamento

A cachaça pode ser engarrafada para em seguida ser comercializada ou pode ser armazenada em dornas de inox antes de ser engarrafada. Pode também ser armazenada ou envelhecida em barris de madeira para o descanso da bebida, e para que ocorram reações de oxidação e esterificação entre os componentes da madeira e o destilado, originando compostos aromáticos que lhe conferem agradáveis características sensoriais.

Para ser chamada de envelhecida, a cachaça precisa repousar em barris de até 700L por no mínimo 1 ano. Diferentes madeiras trazem cores, aromas e sabores distintos.

Geralmente, a cachaça entra nos barris com 50 a 60° alcoólico. Envelhecer agrega valor comercial ao destilado. Algumas regiões têm costumes de usar um tipo específico de madeira. Como o uso do freijó na Paraíba e do bálsamo em Salinas. Alguns produtores adicionam caramelo para dar a coloração amarelada. (MAPA DA CACHAÇA, 2015).

Durante o armazenamento em madeira ocorrem trocas entre o destilado e o ambiente, já que a madeira é semipermeável. Os tonéis devem ser mantidos em locais frescos e limpos. O armazenamento em locais com ar seco provoca evaporação da água e conseqüentemente, aumento do teor alcoólico. Se o ar for úmido ocorre saída de álcool e como consequência redução do teor alcoólico. Antes do envelhecimento a cachaça se apresenta como um líquido incolor, com gosto ardente, agressivo e sabor repugnante. Após o envelhecimento o aspecto, cheiro, cor, gosto e sabor apresentam melhor qualidade. O período de envelhecimento depende da demanda do produto e do poder econômico do proprietário do alambique (BECKER *et al.*, 2009).

3.7 Mercado

O preço do produto e a forma de comercialização também são diferentes. A cachaça industrial é vendida em torno R\$0,70 o litro na destilaria e é comercializada em larga escala, tanto no mercado interno quanto no externo. A pinga artesanal consegue um valor de, no mínimo, R\$1,30 por litro e, dependendo da forma como é comercializada, pode chegar, em média, a R\$4,50 a R\$6,00 por litro.

Em lojas especializadas, a cachaça artesanal é vendida a preços muito altos, dependendo da marca, podendo ultrapassar o valor de R\$200,00 por uma garrafa de 700 mililitros. Ou seja, o valor agregado na produção artesanal é muito elevado, já que o consumidor adquire um produto praticamente exclusivo.

4 Materiais e métodos

4.1 Matérias-primas

O caldo de cana-de-açúcar e os cajuís foram adquiridos no mercado público de mangabeira, em João Pessoa-PB. No total, foram utilizados 18 Litros de caldo de cana e, aproximadamente, 300 cajuís em todo o processo.

4.2 Local do estudo

A matéria-prima foi conduzida para o Laboratório de Produtos Fermento Destilados – LPFD, onde os cajuís passaram por uma seleção visando eliminar os frutos defeituosos e machucados. A seleção é um ponto importante para garantir um produto de boa qualidade e também para não comprometer o processo fermentativo. A produção da aguardente composta e a maioria das análises foram realizadas no LPFD, mas as de resíduo mineral (cinzas) e umidade foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos – LTA, ambos localizados no *Campus I* – UFPB.

4.3 Higienização dos cajuís

A higienização dos cajuís (Figura 4), foi feita com lavagem em água corrente, visando eliminar sujeiras mais grosseiras aderidas e os microrganismos. Após a lavagem foi feita uma desinfecção, onde os frutos foram imersos em uma solução de cloro ativo (água sanitária) na dose de 50ppm (2,5mL/L) e permaneceram por 15 minutos. Ao final dos 15 min, os frutos foram lavados novamente com água corrente para a retirada do resíduo da solução.

Figura 4 – Sanitização dos caju



Fonte: O autor

4.4 Extração da polpa do caju

Para a extração da polpa do caju foi retirada a castanha, utilizado o método manual com auxílio de facas para cortar os caju, facilitando o processamento. Os pedaços de caju foram processados em um liquidificador industrial, como pode ser observado na Figura 5, e filtrados em tecidos previamente higienizados (Figura 6), separando a polpa do caju que foi utilizado na fermentação alcoólica, e reservando o bagaço. Os frutos integrais (sem a castanha), a polpa e o bagaço (Figura 7), foram pesados, anteriormente, em balança para o cálculo do rendimento.

Figura 5 - Liquidificador industrial



Fonte: O autor

Figura 6 - Filtração em tecido previamente higienizado



Fonte: O autor

Figura 7 – Bagaço do caju



Fonte: O autor

4.5 Correção dos caldos e inoculação

4.5.1 Preparo dos caldos nos biorreatores de fermentação

Os caldos de caju e de cana-de-açúcar foram distribuídos em 3 (três) biorreatores. No biorreator 1 foram adicionados 8 litros de caldo de cana e 8 litros de polpa de caju, com posterior homogeneização da mistura e verificação do teor de sólidos solúveis totais, que foi de 15 °Brix. Este valor na mistura do biorreator 1 foi utilizado como referência para realizar as correções do teor de sólidos solúveis totais do caldo de cana e da polpa de caju que, depois de corrigidos, foram adicionados 8 litros do caldo de cana ao biorreator 2 e 8 litros da polpa do caju no biorreator 3. As correções da polpa de caju e do caldo de cana são realizadas por meio da adição de açúcar comercial e água, respectivamente. Com os caldos já corrigidos, obteve-se três biorreatores padronizadas, com relação ao teor de sólidos solúveis totais, e em seguida iniciou-se o processo de inoculação da levedura.

4.5.2 Inoculação e fermentação alcoólica

Nos três biorreatores foi adicionado uma concentração de 15g/L (base úmida) de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, fermento biológico comercial.

Durante a fermentação alcoólica monitorou-se, a cada 2 horas, as seguintes variáveis: teor alcoólico, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (sacarímetro e refratômetro), acidez total, temperatura e pH, até a estabilização do °Brix. Além destas análises, foram retiradas alíquotas e armazenadas em tubos para a realização da análise de açúcares redutores totais (ART). Todas as análises citadas foram efetuadas em triplicata.

4.6 Destilação

Foram realizadas duas destilações. Na primeira adicionou-se ao alambique apenas 12 litros do sobrenadante presente no biorreator 1, que continha a mistura da polpa do caju e do caldo de cana. Na segunda destilação, misturou-se 6 litros do sobrenadante do fermentado de caju, que foi fermentado no biorreator 2 com 6 litros do sobrenadante do fermentado de cana, que foi fermentado no biorreator 3.

As destilações foram realizadas em um alambique de cobre de 16,7 litros úteis. Onde foram obtidas as frações (em função do volume destilado) de cabeça (10%), coração (aguardente) (80%) e cauda (10%). Previamente fez-se uma limpeza do alambique com uma solução de ácido cítrico a 2%, com a finalidade de remover resíduos presentes devido a oxidação do cobre.

O aquecimento foi feito por chama direta, aquecido moderadamente através de um queimador semi-industrial a gás butano, dando início ao processo de separação da aguardente no mosto fermentado. Esta prática, além de evitar o transbordamento e a explosão brusca de líquido não destilado, é recomendada pelos especialistas como condição básica para se obter uma aguardente de qualidade.

4.7 Análises físico-químicas realizadas durante a elaboração das aguardentes

4.7.1 Teor de sólidos solúveis totais

4.7.1.1 Sacarímetro

O sacarímetro registra o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) contidos em uma solução por meio da densidade da solução açucarada. Essa análise utiliza o princípio de que soluções açucaradas possuem a mesma densidade na mesma concentração, mesmo que o açúcar seja diferente

4.7.1.2 Refratômetro

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) dos fermentados foi realizada utilizando um refratômetro de bancada do tipo ABBE, por meio de leitura direta. Para tal, foram colocadas 3 gotas de amostra no aparelho e então foi realizada a leitura. Os resultados são expressos em °Brix (AOAC, 2005).

4.7.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

As leituras do pH foram realizadas em pHmetro digital, marca AJ Micronal, ref. AJX-474 PLUS, com eletrodo de vidro combinado e sonda de temperatura. O equipamento foi calibrado previamente com tampões de pH 7,0 e 4,0.

4.7.3 Umidade

Para determinação da umidade da polpa de caju e do caldo de cana, foi utilizado o método gravimétrico descrito pela AOAC (2005). Pesou-se 2 g de cada amostra em capsulas de porcelana previamente aquecidas a 105 °C e posteriormente pesadas. Colocou-se as capsulas com as amostras em estufa a 105 °C por 12 horas, após esse tempo foram retiradas da estufa e resfriadas em dessecador por 30 minutos e em seguida pesadas até a obtenção da massa constante.

4.7.4 Resíduo mineral (Cinzas)

Os resíduos minerais da polpa de caju e do caldo de cana foram determinados pelo método gravimétrico preconizado pela AOAC (2005). Foram pesados 4 g de amostras em cadinhos previamente secos em mufla a 550 °C e pesados. Os cadinhos com as amostras foram colocados em mufla a 250 °C por 4 horas para carbonização da amostra, posteriormente a temperatura da mufla foi aumentada gradativamente a 550 °C até a incineração completa da amostra. Em seguida, os cadinhos foram resfriados em dessecador por 30 minutos e pesados até a obtenção de massa constante.

4.7.5 Teor alcoólico

4.7.5.1 Teor alcoólico durante a fermentação

No processo de fermentação foram coletadas amostras dos três biorreatores, a cada 2 horas, para a determinação do teor alcoólico, que foi determinado pelo uso do ebulliômetro, onde 50 mL das amostras foram avaliadas. O ebulliômetro foi calibrado com água até a temperatura de ebulição, a qual serviu como referência para o etanol.

Com a temperatura de ebulição da água e da amostra, determinou-se o teor alcoólico presente no fermentado, utilizando-se a régua de conversão, em que é possível realizar a conversão da temperatura de ebulição do fermentado para o teor alcoólico presente no mesmo. O teor alcoólico foi expresso em graus Gay-Lussac (°GL).

4.7.5.2 Teor alcoólico das aguardentes

As concentrações de etanol nas aguardentes compostas foram determinadas por densimetria, utilizando-se uma proveta contendo 250 mL das amostras e realizando a leitura direta na escala do alcoômetro de Gay Lussac, corrigindo os resultados da leitura a 20°C.

4.7.6 Acidez total

A acidez total foi determinada por titulometria. Transferiu-se 5 mL de amostra para um erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada. Titulou-se as amostras com uma

solução de NaOH 0,1 M, de fator de padronização conhecido e fenolftaleína 1% como indicador (IAL, 2008).

4.7.7 Temperatura

A temperatura foi verificada por meio de um termômetro de mercúrio simples durante todo o processo.

4.7.8 Açúcares Redutores totais (ART)

Os açúcares redutores totais foram determinados pela análise espectrofotométrica, baseada no emprego do DNS (ácido 3,5-dinitro salicílico) pela metodologia descrita por Miller (1959).

5 Resultados e Discussão

5.1 Caracterização físico-química da polpa de caju e do caldo de cana

Na Tabela 2, são mostrados os valores da massa e os rendimentos do pedúnculo do caju, polpa, bagaço e a perda durante o processamento.

Tabela 2 - Rendimento da polpa de caju

Determinações	Massa (kg)	Rendimento (%)
Pedúnculo	24,69	100
Polpa	18,86	76,38
Bagaço do pedúnculo	5,42	21,96
Perda	0,41	1,66

Fonte: O autor

O rendimento obtido no processamento da polpa de caju foi de 76,38%, esse valor mostrou-se inferior às quantidades determinadas por Silva (2004) de 80,99% e Silva; Araújo; Alves (s/d) de 95,86%. O valor é compreensível, levando-se em consideração que o método utilizado no processamento foi manual, no qual a prensagem foi realizada com o auxílio de um tecido. Outro valor afetado de forma negativa pelo método manual do processamento foi o alto valor de perda, que foi de 1,66%. Estes valores poderiam ser mais apreciáveis caso o processamento fosse realizado por meio de uma prensa hidráulica. O rendimento é um fator bastante variável, que depende de técnicas adequadas para que o processamento seja eficiente.

Na Tabela 3 estão representados os resultados obtidos para as avaliações físico-químicas da polpa de caju e do caldo de cana, com seus respectivos padrões de identidade e qualidade, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária (MAPA, 2016).

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos da polpa de caju e caldo de cana

Parâmetros	Polpa de caju	Polpa de caju (MAPA 2016)	Caldo de cana	Caldo de cana (MAPA 2016)
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,50	10,0	21,50	14,0
pH	4,42	3,8	5,10	5,5
Umidade (%)	91,50	-	78,93	-
Cinzas (%)	0,20	-	0,33	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,49	0,3	0,34	0,05

Fonte: O autor

Observando-se os resultados presentes na Tabela 3, verifica-se que o teor de sólidos solúveis (°Brix) da polpa do caju apresentou valor inferior ao da legislação vigente do MAPA, este fato poderia ter sido evitado com o processamento do caju imediatamente após a sua aquisição, porém os cajus ficaram armazenados em sacos plásticos lacrados por cerca de 48 horas. Este período de tempo, entre a aquisição e o processamento, resultou em uma perda considerável da polpa do caju, que consequentemente, ocasionou uma redução de parte dos açúcares presentes no pseudofruto, justificando assim, o valor do teor de sólidos solúveis um pouco inferior ao da legislação. O valor ficou abaixo também dos obtidos por Gadelha *et al.*, (2009) e Silva; Araújo; Alves (s/d) que foram de 11,5 e 11,0, respectivamente. Já a concentração de sólidos solúveis totais do caldo de cana foi de 21,5 °Brix, valor dentro da faixa estabelecida pelo MAPA, que é de no mínimo 14,0. Valores entre 16,2 e 24,6 °Brix foram obtidos por Junior (2017) em um estudo sobre variedades de cana-de-açúcar.

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) é utilizado como indicadores do índice de maturidade dos frutos e da quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas nos frutos, constituídos na sua maioria por açúcares. Por outro lado, estes fatores físico-químicos podem ser corrigidos para atender adequadamente as citadas normas.

Em relação ao pH, apenas o valor da polpa de caju, que foi de 4,42, está dentro dos padrões vigentes. Esse valor ficou entre os obtidos por Santos *et al.*, (2015) que foi de 4,61 e Gadelha *et al.*, (2009) que foi de 3,85. Já o valor do pH do caldo de cana (5,10) utilizado foi um pouco inferior ao estabelecido na legislação, mas não chega a ser um

fator desfavorável, já que a diferença é pequena e que o meio ácido é importante para uma fermentação eficiente e livre do desenvolvimento de bactérias indesejadas. Fonseca (2017) chegou a obter um caldo de cana com pH de 5,5, que é o valor mínimo segundo a legislação.

Comparando os valores da acidez total obtidos (Tabela 3), com os resultados de outros pesquisadores, foi observado que o valor obtido para a polpa de caju e para o caldo de cana, estava dentro da legislação do MAPA. O valor foi de 0,49% para a polpa de caju e 0,34% para o caldo de cana. O valor da acidez obtido no presente trabalho para a polpa do caju, é um valor que está dentro da faixa permitida pelo MAPA e semelhante ao obtido por Gadelha et al., (2009) que foi de 0,55%, mas é bastante diferente do obtido por Silva; Araújo; Alves (s/d) que foi de 0,20% (valor fora da faixa permitida pelo MAPA).

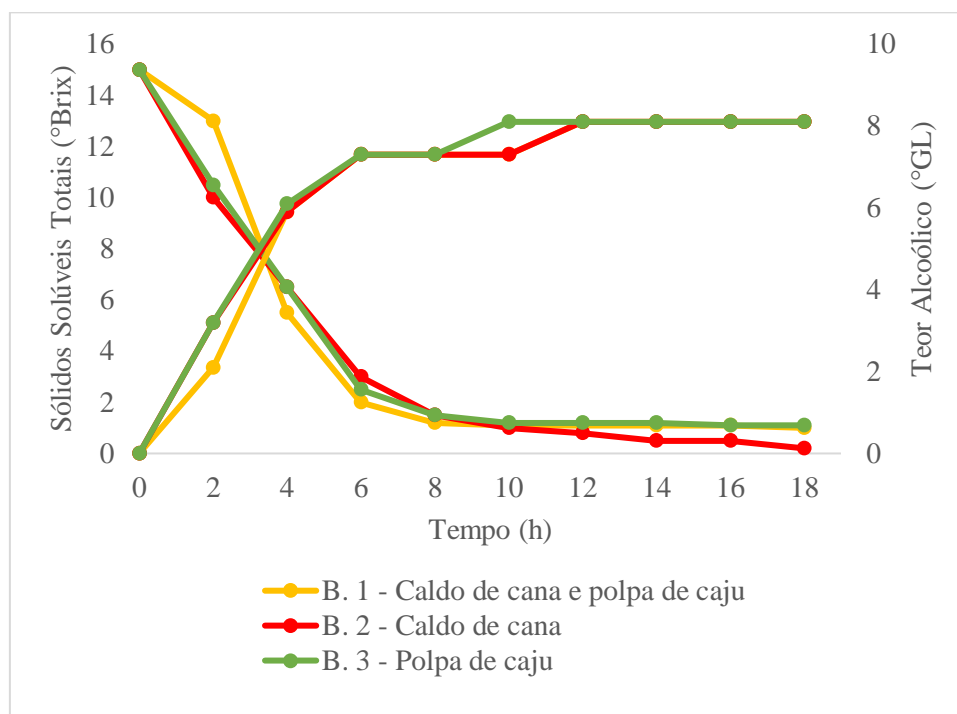
A fração de cinzas da polpa de caju da Tabela 3 foi de (0,20%), enquanto que as analisadas por Silva; Araújo; Alves (S. D.) e Gadelha et al., (2009) obtiveram valores superiores, que foram de 0,50% e 0,33%, respectivamente. A fração da umidade obtida foi de 91,50%, valor superior ao obtido por Santos (2015) que foi de 80,76% e próximo ao encontrado por Silva; Araújo; Alves (s/d) que foi de 90,00%. Observando a Tabela 3, verificamos que o valor de umidade obtido no caldo de cana foi de 78,93%, que é um valor próximo ao encontrado por Marques; Arruda; Silva (2016), que foi de 81,48%. Em relação ao valor de cinzas, este foi de 0,33%, valor inferior ao obtido por Costa *et al.*, (2015) que foi de 0,51%.

As diferenças observadas na caracterização físico-química deste trabalho em comparação com a literatura podem estar relacionadas com a procedência (do caju e do caldo de cana) e manuseio (transporte, processamento e armazenamento).

5.2 Cinética do processo fermentativo

5.2.1 Comportamento da concentração de sólidos solúveis totais e do etanol

O comportamento cinético da concentração de sólidos solúveis totais e concentração de etanol em função do tempo de fermentação, dos três biorreatores, pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Comportamento cinético da fermentação alcoólica dos biorreatores

Fonte: O autor

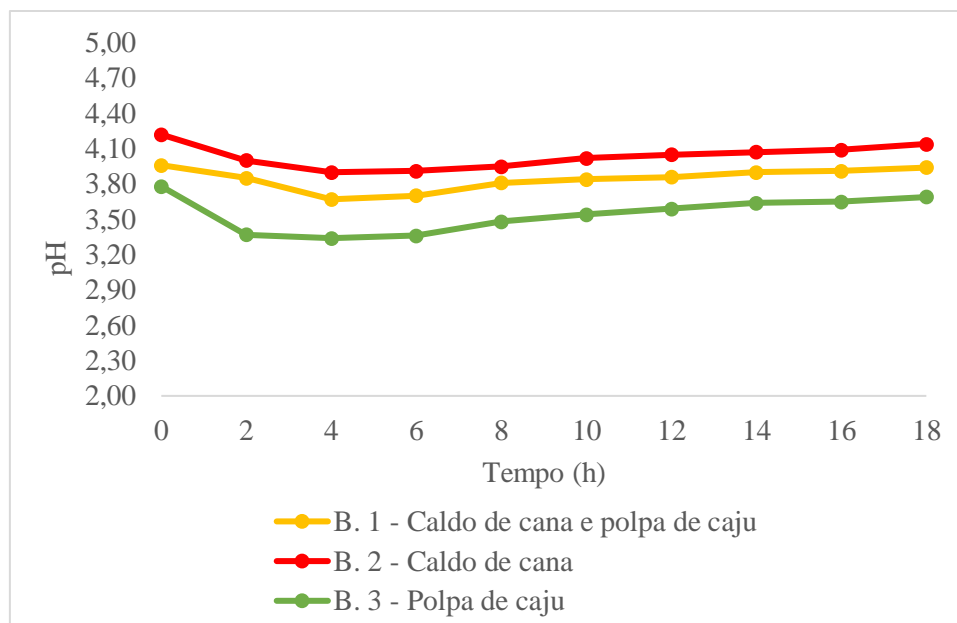
Verifica-se a estabilização das concentrações de substrato e produto em todos os biorreatores por volta das 10 horas de fermentação, todos com valores próximos de 1°Brix para a concentração de sacarose e 8°GL (% v/v), para o teor alcoólico, valor este considerado adequado para a produção de aguardente. É possível observar na Figura 3 perfis de fermentação semelhantes nos três biorreatores, fato importante, já que ao final da fermentação os vinhos fermentados dos biorreatores 2 e 3 foram misturados para seguirem com o processo de destilação. A estabilização do teor de açúcares é consequência da existência de compostos não fermentáveis no meio. Resultados semelhantes foram observados por Silva *et al.*, (2016) que produziram fermentado de caju com uma concentração de 7,02 °GL, Parente *et al.*, (2014) que produziram o fermentado de abacaxi, obtendo uma concentração de etanol 8,98°GL e Campos (2011) que produziu fermentado de mel com uma concentração de 7,8°GL.

5.2.2 Comportamento do pH e temperatura

O comportamento do pH em função do tempo de fermentação de todos os biorreatores pode ser observado na Figuras 9. A redução no pH ao longo do processo

fermentativo foi devido a produção de ácidos orgânicos, como ácido lático, acético e succínico.

Figura 9 – Comportamento cinético do pH dos biorreatores



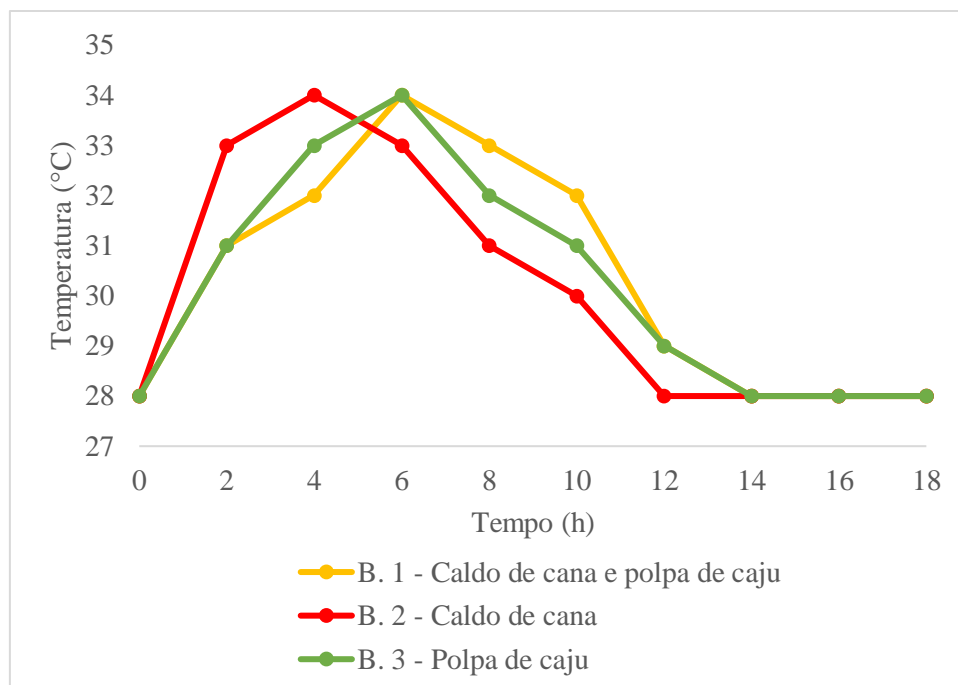
Fonte: O autor

Os três biorreatores apresentam diferentes valores de pH, por se tratarem de diferentes fermentados, mas os perfis das curvas do processo são semelhantes. Em todas as curvas, ao atingir 4 horas de fermentação observa-se o momento no qual o pH atinge o seu menor valor. Os valores de pH observados nos fermentados ao final do processo, foram de 3,94, 3,69 e 4,14 para os biorreatores 1, 2 e 3, respectivamente. Silva *et al.*, (2016) obtiveram 4,49 com o seu fermentado de caju. Moro (2016) obteve um pH de 4,50 para o fermentado da mistura das polpas de abacaxi e banana, já Parente *et al.* (2014) obtiveram com o fermentado de abacaxi o valor de 3,77.

O comportamento da temperatura em função do tempo de fermentação de todos os biorreatores pode ser observado na Figura 10. Durante o processo fermentativo, a temperatura variou de forma semelhante em todos os biorreatores, atingindo um pico máximo de 34°C em todos, porém o biorreator 2, o qual continha o fermentado do caldo de cana, atingiu o pico máximo já com 4 horas, enquanto que os biorreatores 1 e 3 só com 6 horas de fermentação. A temperatura de fermentação é um ponto importante, pois temperaturas mais baixas diminuem a atividade do fermento, enquanto as mais elevadas

favorecem o desenvolvimento de bactérias indesejáveis, provocando atenuação das leveduras.

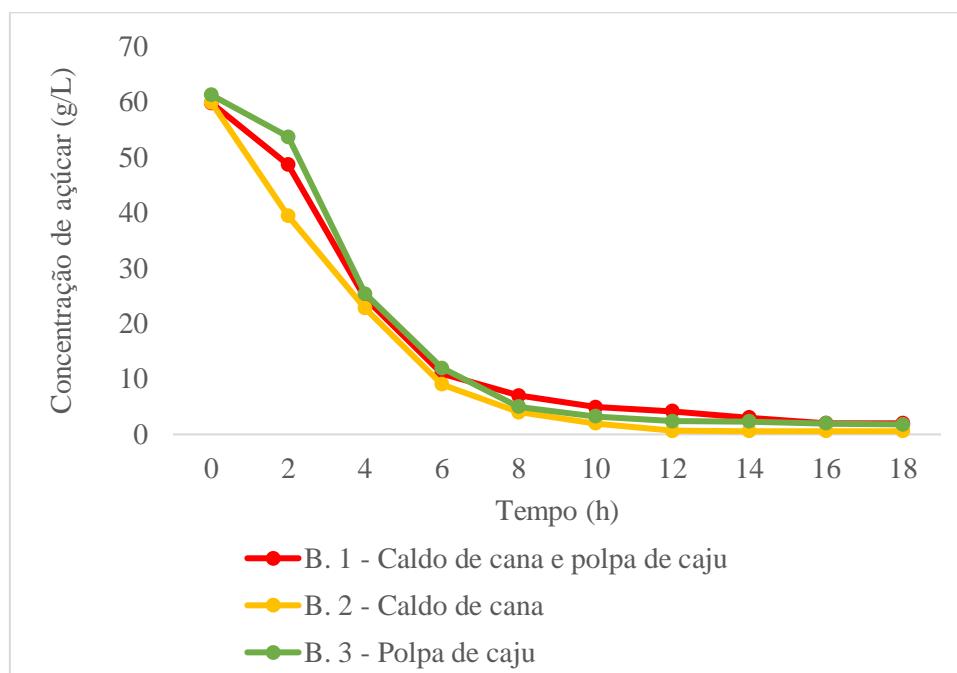
Figura 10 – Comportamento cinético da temperatura dos biorreatores



Fonte: O autor

5.2.3 Comportamento dos açúcares redutores totais (ART)

Na Figura 11 é possível observar o comportamento dos valores de açúcares redutores totais nos três biorreatores. Observa-se que os perfis das curvas são semelhantes, no qual todos iniciam com uma concentração de açúcar por volta de 60 g/L e ocorre uma queda considerável durante as primeiras 6 horas de fermentação, até que passados 10 horas de fermentação, os três biorreatores já não apresentam mudanças consideráveis nas concentrações dos açúcares redutores.

Figura 11 – Comportamento cinético da concentração de açúcares redutores totais (ART)

Fonte: O autor

5.2.4 Caracterização físico-química da aguardente

Nas Tabelas 4 e 5 são mostrados dados das destilações dos fermentados nos biorreatores, expondo o tempo, temperatura, graduação alcoólica e o volume das frações das aguardentes compostas recém destiladas. A cabeça, que é a primeira fração a sair do alambique, resultou em um teor alcoólico de 54 °GL na aguardente do mosto fermentado do biorreator 1, onde foi utilizada mistura da polpa do caju junto com o caldo de cana para fermentar, valor próximo ao obtido na segunda destilação, que resultou em uma cabeça com 55 °GL, obtida através da destilação da mistura dos mostos fermentados nos biorreatores 2 e 3, onde continham caldo de cana e polpa do caju, respectivamente.

Deve-se dar destaque a fração coração, que nas duas destilações foi dividida em 5 partes, de acordo com o volume de aguardente que saía do alambique, visando observar a queda do teor alcoólico no decorrer das destilações. Os primeiros 500 mL do coração da primeira destilação (biorreator 1) resultaram em um teor alcoólico de 52 °GL e com o decorrer da destilação, a última parte do coração resultou em um teor alcoólico de 23 °GL, os dados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Destilação do fermentado do biorreator 1

Fração	Tempo (min)	Temperatura (°C)	°GL (v/v)	Volume (mL)
Cabeça	24:50	33	54	277
Coração 1	5:32	33	52	500
Coração 2	6:09	33	46	500
Coração 3	6:27	33	40	500
Coração 4	8:11	33	30	500
Coração 5	3:31	33	23	217
Cauda	4:51	33	20	277

Fonte: O autor

Na Tabela 5 é possível observar os valores da segunda destilação, realizada a partir dos mostos fermentados dos biorreatores 2 e 3, onde os resultados são semelhantes aos da primeira. Os primeiros 500 mL do coração resultaram em 53 °GL e a última parte resultou em um teor alcoólico de 24 °GL.

Tabela 5 – Destilação da mistura dos fermentados dos biorreatores 2 e 3

Fração	Tempo (min)	Temperatura (°C)	°GL (v/v)	Volume (mL)
Cabeça	27:31	33	55	277
Coração 1	6:19	33	53	500
Coração 2	6:83	33	46	500
Coração 3	7:02	33	40	500
Coração 4	9:34	33	33	500
Coração 5	3:75	33	24	217
Cauda	5:42	33	20	277

Fonte: O autor

Na Tabela 6 estão expostos os resultados das análises físico-químicas das aguardentes composta e o padrão de exigência do Ministério da Agricultura Pecuária de Abastecimento (2010).

Tabela 6 – Composição da aguardente composta e normas estabelecidas pela legislação

Componentes	Aguardente composta 1*	Aguardente composta 2**	Padrão MAPA (2010)	
			Mínimo	Máximo
Teor alcoólico (v/v)	40	41	38	54
Acidez volátil (mg de ácido acético/ 100ml de álcool anidro)	68,21	74,63	-	150

* Obtida pela destilação da polpa de caju e caldo de cana fermentados juntos.

** Obtida pela destilação da polpa de caju e caldo de cana fermentados separadamente.

Fonte: O autor

Conforme Tabela 6, o teor alcoólico e a acidez das duas aguardentes recém destiladas encontram-se dentro da faixa exigida pela legislação e com valores próximos, 40,0 e 41,0 °GL para as aguardentes composta 1 e 2, respectivamente. Esses valores já estão corrigidos para a temperatura de 20 °C, como exigido pela legislação.

Como não foi encontrado em literatura análises de aguardente composta obtidas através de caju e caldo de cana, podemos comparar o teor alcoólico obtido com aguardentes obtidas por Moro (2016) a partir de banana e abacaxi (mistura das polpas das duas frutas), Moro (2016) a partir de banana, Araújo (2014) a partir de abacaxi e Alves *et al.*, (2008) a partir de goiaba com graduações de 40,36 °GL, 42,0 °GL, 40,96 °GL e 39,9 °GL, ou seja, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Na literatura podemos encontrar valores para a acidez semelhantes aos obtidos no presente trabalho (Tabela 6) em diferentes aguardentes, segundo Moro (2016) com sua aguardente composta a partir de banana e abacaxi obteve-se 39,00 de acidez, enquanto que Araújo (2014) obteve 59,00 com sua aguardente a partir de abacaxi e Alves *et al.*, (2008) obteve 63,20 com sua aguardente de goiaba.

A análise da acidez demonstrou teores mais elevados nas duas aguardentes produzidas quando comparado aos dados da literatura. No entanto, são valores dentro da faixa permitida por legislação, fator importante, pois a obtenção de baixos valores de acidez pode ser justificada pelas boas práticas de higiene durante todo o processo de fermentação alcoólica, já que o nível de ácido acético está diretamente interligado a contaminações bacterianas indesejáveis. Segundo Borragine (2009), o ácido acético é o ácido predominante em bebidas fermento destiladas, este ácido é produzido pela levedura durante a fermentação alcoólica ou pelas bactérias acéticas.

5 Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a polpa do caju e o caldo de cana apresentam atributos favoráveis (pH, teor de sólidos solúveis e acidez) para a produção de aguardente composta. Apresentaram também características físico-químicas adequadas para a aplicação em processos biotecnológicos.

As duas aguardentes compostas apresentaram características físico-químicas dentro dos parâmetros exigidos pela legislação, fato que está associado aos cuidados durante todo o processo, que vão desde a sanitização dos frutos, higienização prévia do alambique e a condução do processo.

A utilização de um método mais eficiente para o processamento do caju é um ponto importante a ser visto, pois reduziria as perdas presentes no processo e paralelo a isso, reduziria o custo com a compra de caju.

Esta pesquisa comprova a possibilidade do uso de processos de fermentação diferentes do tradicional, sem interferência negativa no produto final e que a utilização de polpa de caju e caldo de cana, visando a obtenção de uma aguardente composta é uma ótima alternativa para a produção de um produto de qualidade diferenciada e que atende aos padrões exigidos por legislação, garantido segurança e qualidade aos consumidores que desejam apreciar uma bebida diferenciada.

A utilização de um processo de fermentação alternativo se mostrou eficiente, com resultados semelhantes aos obtidos no processo tradicional, e que por meio de pesquisas futuras é possível realizar análises mais detalhadas das aguardentes compostas para verificar a existência ou não de características sensoriais mais marcantes, geradas a partir da utilização de diferentes processos de fermentação, visando obter um produto inovador, por se tratar de uma possível aguardente composta que concentraria melhor as características sensoriais da fruta utilizada junto ao caldo de cana.

Referencias

ALVES, J. G. L. F.; TAVARES, L. S.; ANDRADE, C. J.; PEREIRA, G. das G.; DUARTE, F. C.; CARNEIRO, J. de D. S.; CARDOSO, M. das G. Desenvolvimento, avaliação qualitativa, rendimento e custo de produção de aguardente de goiaba. **Brazilian Journal of Food Technology**, VII BMCFB, dez. 2008.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemistis**. 18 ed, Gaitherburg, Maryland, 2005.

ARAÚJO, R. Diferença entre cachaça industrial x cachaça artesanal, **Cachaçaria nacional**, 2017. Disponível em: <https://blog.cachacarianacional.com.br/diferenca-entre-cachaca-industrial-x-cachaca-artesanal/>. Acesso em: 22 jan. 2018.

ARAÚJO, R. Você sabe a diferença entre cachaça e aguardente? **Cachaçaria nacional**, 2018. Disponível em: <https://cachacarianacional.wordpress.com/2018/06/26/voce-sabe-a-diferenca-entre-cachaca-e-aguardente/>. Acesso em: 22 jan. 2018.

ARAUJO, S. L. M. **Produção de aguardente de abacaxi cv. pérola: estudo cinético e caracterização físico-química da bebida**, João Pessoa – PB, 2014.

BECKER, C.; TREML, D.; MAUS, E. M.; BOSCO, K. **Produção de cachaça**, Florianópolis, 2009.

BORRAGINI, M. C. C. **Envelhecimento da cachaça com circulação forçada e aeração**. Araraquara. Universidade Estadual Paulista. 2009. p. 90. (Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos).

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; Instrução Normativa nº 13, de 29/06/2005. BRASIL, **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 3-3, de 30/06/2005.

BRASIL. Lei n. 8.918 de 04 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**. Brasília, p. 20, 05 jun. 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; Instrução Normativa nº 28, de 11/08/2014. BRASIL, **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 3-3, de 12/08/2014.

CAMPOS, L. M. A. S. **Estudo dos parâmetros fermentativos na obtenção de aguardente de mel**. 2011. 153 p. Pós-graduação – Universidade de São Paulo, Lorena - SP, 2011.

CARDOSO, M. das G.; CAMPOS, G. A.; SILVA, R. A.; SANTOS, C. D.; PINTO, A. P. S.; SILVA, C. de F. **Cachaça: qualidade e produção**. Minas Gerais, [S. D.].

CARDOSO, M. das G. **Produção de aguardente de cana**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 2013. 444 p.

COMO fazer cachaça em 8 passos. **Mapa da cachaça**, 2015. Disponível em: <https://www.mapadacachaca.com.br/en/artigos/como-se-produz-cachaca-em-8-passos/>. Acesso em: 18 jan. 2018.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, vol. 4, n. 4, p. 1-73, abr. 2018.

COSTA, G. H. G.; MASSON, I. S.; FREITA, L. A.; ROVIERO, J. P.; MUTTON, M. J. R. Reflexos da clarificação do caldo de cana com moringa sobre compostos inorgânicos do açúcar VHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.19, n.2, p.154–159, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p154-159>. Acesso em 02 fev. 2019.

CRAVO, F. de C. **Composição de cachaças obtidas de cinco variedades de cana-de-açúcar e a correlação da presença de dhurrin na cana com o carbamato de etila**. Lavras – MG, 2017.

FONSECA, C. R. **Ozonização: uma alternativa para clarificação do caldo de cana-de-açúcar**. 2017. 160 p. Tese (doutorado) – USP, São Paulo, 2017.

GADELHA, A. J. F.; ROCHA, C. O.; VIEIRA, F.F.; RIBEIRO, G. do N. **Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju**. Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v. 22, n. 1, p. 115-118, jan./mar., 2009.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. de O. **A amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção e comércio mundiais**. Santa Catarina, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

JÚNIOR, J. R. da S. **Produção potencial de etanol de variedades de cana-de-açúcar sob adubação nitrogenada**. 2017. 77 p. Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife- PE, 2017.

LIMA, J. P. R.; Cachaça Artesanal e Vinhos Finos no Nordeste: Desafios, Potencialidades e Indicações de Políticas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, jul./set. 2006.

LIZ, C. N.; RODRIGUES, R. A.; SILVA, S. W.; SANTOS, A. C.; MELO, T. F. **Produção de cachaça artesanal e seu contexto: um estudo de caso com alambiques do sul de Minas Gerais**. Minas Gerais, 2016.

LUNA, W. Paraíba é o maior produtor de cachaça de alambique do Brasil. **INFORMEPB**, 2018. Disponível em: http://www.informepb.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=23865:paraiba-e-o-maior-produtor-de-cachaca-de-alambique-do-brasil&catid=51:politica&Itemid=61. Acesso em: 18 jan. 2018.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 35, de 16 de novembro de 2010. BRASIL, **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 9, 17 nov. 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 28, de 08 de agosto de 2014. BRASIL, **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 7, 09 ago. 2014.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 169, de 30 de agosto de 2016. BRASIL, **Diário Oficial da União**, Seção I, p. 2, 01 set. 2016.

MARQUES, H. M. de S. M. **Vinhoto da cana de açúcar – aproveitamento e impactos ambientais na região de Ibaiti-PR**. Ibaiti, 2013.

MARQUES, G. M. R.; ARRUDA, R. S.; SILVA, A. A. L. Secagem do caldo de cana em leite de espuma e caracterização físico-química do produto. **Brazilian Journal of Food Research**. Campo Mourão, v. 7, n. 2, p. 16-29, mai./ago. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>. Acesso em: 26 jan. 2018.

MERCADO de cachaça enfrenta desafios para crescer. **Estadão**, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://patrocinados.estadao.com.br/simbolonacional/2018/09/11/mercado-de-cachaca-enfrenta-desafios-para-crescer/>. Acesso em: 14 jan. 2018.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MORO, K. I. B. **Desenvolvimento e caracterização de aguardente de frutas a base de polpa de banana (*Musa sp.*) e suco de abacaxi (*Ananas comusus* (L) merril)**. 2016. 87 p. Pós-graduação – UFSM, Santa Maria – RS, 2016.

NUNES, L. S. G.; NETA, M. R de O. Alambiques de cachaça em minas gerais: uma pesquisa exploratória. **Cadernos da FUCAMP**, Minas Gerais, n. 10, v. 12, p. 65-80/2010.

PAIVA, A. L.; SOUZA, R. B.; BARRETO, I. D. de C.; BRITO, M. J. Fluxo das Exportações Brasileiras de Cachaça: traços da influência do Estado no setor. **Revista econômica social rural**, Brasília, vol. 55, n. 4, out./dez. 2017.

PARENTE, G. D. L.; ALMEIDA, M. M.; SILVA, J. L. SILVA, C. G.; ALVES, M. F. Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi ‘pérola’ e caracterização da bebida. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró – RN, v. 9, n. 2, p. 230 - 247, abr./jun. 2014.

PRODUÇÃO de cana no Nordeste deve crescer este ano. **Folha de Pernambuco**, Pernambuco, 2018. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/economia/economia/economia/2018/05/04/NWS,67235,10,550,ECONOMIA,2373-PRODUCAO-CANA-NORDESTE-DEVE-CRESCER-ESTE-ANO.aspx>. Acesso em: 20 jan. 2018.

ROSA, C. A.; GOMES, F. C. O.; SILVA, C. L. C.; BADOTTI, F.; VIANA, C. R.; ARAUJO, R. A. C. Cachaça: os segredos da fermentação. **Ciência hoje**, 2009. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/artigo/cachaca-os-segredos-da-fermentacao/>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SANTOS, D. da C.; LISBÔA, J. F.; FEITOSA, R. M.; SANTOS, Y. M. G.; ROCHA, A. P. T. Processamento e caracterização física e físico-química de *blends* de polpa de caju e beterraba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2015, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, CE, 2015, p. 4.

SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. de P. Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. **Embrapa**, 2016. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7705&p_r_p_-996514994_topicoId=10308. Acesso em: 20 jan. 2018.

SILVA, C. C. G.; ADEBAL, M. C.; SANTOS, T. T. S.; GONÇALVES, N. F. Cinética de fermentação de bebidas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 11, 2016, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, CE, 2016, 7 p.

SILVA, M. E.; ARAÚJO, G. T.; ALVES, J. J. N. **Avaliação das características físico-químicas da polpa do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.) visando obter um fermentado para a produção de etanol hidratado**. Campina Grande - PB: UAEQ/DEQ/CCT, Universidade Federal de Campina Grande, [S. D.].

SILVA, M. E.; **Estudos cinéticos da fermentação alcoólica da produção de vinho e da fermentação acética da produção de vinagre de vinho de caju**. Campina Grande – PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2004. (Dissertação de Mestrado).

TORRES, E. M. J. Qual variedade de cana-de-açúcar utilizar para a fabricação de cachaça? **Pesquisa & Tecnologia**, [S. L.], vol. 14, n. 1, jan./jun. 2017.

UNICA. **Fotografia do setor sucroenergético no brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados**. São Paulo, abr. 2018.

VIDAL, M. de F. Situação da cajucultura nordestina após a seca. **Caderno Setorial ETENE do Banco do Nordeste**, ano 1, n. 4, dez. 2016.

VIDAL, M. de F. Setor sucroenergético nordestino. **Caderno Setorial ETENE do Banco do Nordeste**, ano 3, n. 25, fev. 2018.